

Výroba DPS pomocí frézování

PCB production by milling

Vojtěch Barta

Bakalářská práce

Vedoucí práce: Ing. Martin Sobek, Ph.D.

Ostrava, 2021

Abstrakt

Cílem bakalářské práce bylo se seznámit s postupem výroby desky plošných spojů pomocí metody frézování a celý tento proces zdokumentovat. Tato práce slouží v podstatě jako návod, ve kterém jsou obsaženy nejpodstatnější body pro úspěšnou výrobu DPS. Stěžejním softwarem pro tento proces je program Percival a také program Galaad, v této práci jsou tyto programy popsány. Součástí dokumentace je také popis postupu pro vygenerování výrobních dat z programu Eagle a KiCad.

Tento návod je psán převážně pro školní frézku, která se nachází v místnosti E 316, konkrétně se jedná o model Technodrill 3 od francouzské společnosti C.I.F., k tomuto stroji byl také dodán software Galaad.

Klíčová slova

Deska plošných spojů, Frézka, Návod, Program Galaad, Výrobní data

Abstract

The aim of the bachelor's thesis was to get acquainted with the process of printed circuit board production using the milling method and to document the whole process. This work basically serves as a guide, which contains the most important points for successful PCB production. The core software for this process is the Percival program and the Galaad program, in this work these programs are described. The documentation also includes a description of the procedure for generating production data from Eagle and KiCad programs.

This manual is written mainly for the school milling machine, which is located in room E 316, specifically the Technodrill 3 model from the French company C.I.F., Galaad software was also supplied with this machine.

Key words

Printed circuit board, Milling cutter, Instructions, Program Galaad, Production data

Poděkování

V první řadě bych rád poděkoval panu Ing. Martinu Sobkovi, Ph.D. za odborné vedení mé bakalářské práce, za čas věnovaný během osobních konzultací a také samozřejmě za mnoho užitečných rad týkajících se dané problematice.

Samozřejmě nemohu opomenout ani na mou rodinu, bez které by tato práce nemohla vzniknout.

Obsah

Úvod	- 10 -
1 Vygenerování výrobních dat.....	- 11 -
1.1 Formát Gerber	- 11 -
1.2 Vygenerování výrobních dat v programu KiCad	- 11 -
1.3 Vygenerování výrobních dat v programu Eagle	- 13 -
2 Program Percival	- 16 -
2.1 Základní popis programu Percival	- 16 -
2.2 Vkládání výrobních dat do programu Percival	- 16 -
2.3 Důležité nástroje programu Percival	- 19 -
2.3.1 Nástroj pro výpočet kontur okolo cest DPS.....	- 19 -
2.3.2 Nástroj pro odstranění přebytečné mědi	- 20 -
2.3.3 Knihovna použitých vrtáku	- 20 -
2.4 Přenesení dat do programu Galaad	- 21 -
3 Program Galaad.....	- 23 -
3.1 Seznam nástrojů	- 23 -
3.2 Simulace frézování.....	- 25 -
3.3 Samotný proces frézování	- 26 -
Závěr.....	- 32 -
Použitá literatura.....	- 33 -

Seznam použitých zkratek

Zkratka	Význam
DPS	Deska plošných spojů
PCB	printed circuit board

Seznam použitých symbolů

Symbol	Jednotky	Význam symbolu
U	V	Napětí
I	A	Proud

Seznam ilustrací a seznam tabulek

Číslo tabulky	Název tabulky	Číslo stránky
1	Tabulka pro nastavení parametru vrtáku dle průřezu	24
2	Tabulka pro nastavení parametru frézy dle průřezu	25

Číslo ilustrace	Název ilustrace	Číslo stránky
1	Schéma zapojení stejnosměrného snižujícího měniče v programu KiCad	11
2	DPS stejnosměrného snižujícího měniče v programu KiCad	12
3	Okno pro generování Gerber souborů	12
4	Okno pro generování souboru vrtání	13
5	Schéma zapojení stejnosměrného snižujícího měniče v programu Eagle	14
6	Pracovní plocha programu Eagle pro návrh DPS	14
7	Prostředí CAM procesoru programu Eagle	15
8	Pracovní plocha programu Percival	16
9	Vrstva měděných cest a padů v programu Percival	17
10	Okénko pro potvrzení správného umístění následující vrstvy	17
11	Vrstva měděných cest a padů včetně obrysů v programu Percival	18
12	Okénko pro potvrzení správného umístění děr v DPS	18

13	DPS po úspěšném vložení výrobních souboru v programu Percival	19
14	Okénko pro výpočet kontur	19
15	Okénko pro nastavení odebrání přebytečné mědi	20
16	Seznam vrtáků	21
17	Okénko pro nastavení přenosu dat do programu Galaad	21
18	Pracovní plocha programu Galaad	23
19	Okénko se seznamem nástrojů	24
20	Okno určené pro simulaci frézování	25
21	Druhá záložka okna pro simulaci frézování	26
22	Záložka s názvem "Workpiece origin"	27
23	Výzva pro uchycení nástroje	27
24	Ukázka správného umístění frézy	28
25	Výzva k "Probe testu"	28
26	Ukázka uchycení sondy	29
27	Ukázka zvlnění cuprexitu	29
28	Přiložení sondy ke cuprexitu	30
29	Světelná indikace pomocí luminiscenční diody	30
30	Výzva k potvrzení dostatečné rychlosti vřetene	31
31	Vyhotovená zkušební DPS	31

Úvod

Tato práce je zaměřena na popis postupu výroby desky plošných spojů pomocí metody frézování, přičemž celý tento proces je postupně vysvětlen v jednotlivých kapitolách, které na sebe chronologicky navazují. Pro lepší názornost jsem si pro tuto práci zvolil jeden určitý obvod, na kterém jsem popisoval jednotlivé úkony. Mým zvoleným obvodem se stal stejnosměrný snižující měnič napětí, se vstupem z rozsahu 18-30 V a výstupem 12 V s proudovou zatížitelností 2 A. Díky praktické ukázce je zde popsán celý proces, jak se dostat od nakreslené desky plošných spojů až k finálnímu hmotnému výrobku. Práce byla rozdělena do tří hlavních částí, přičemž každá z těchto částí má své kapitoly, případně podkapitoly.

První část se zabývá vygenerováním výrobních souborů, je zde popsán formát těchto výrobních dat, dále je zde uvedeno, jak tyto data vygenerovat v nejpoužívanějších programech na návrh desek plošných spojů a na co si dát pozor při tomto procesu. Tato část byla následně rozdělena do dalších tří kapitol.

V další části je popsán program Percival, který je určen pro vložení výrobních dat pro výrobu desek plošných spojů. Tato část práce je rozdělena na další kapitoly případně podkapitoly. Úvodní kapitola se zabývá samotným popisem programu, další z kapitol se zabývá vložení výrobních dat. Náplní další kapitoly je popis užitečných nástrojů, například odstranění přebytečné mědi.

Třetí část této práce je určena pro popis programu Galaad, který je posledním softwarem pro výrobu desek plošných spojů. V první kapitole je opět stručně popsán tento program. Následující kapitola se zabývá úpravou seznamu nástrojů a editací jejich parametrů. Poté je zde ukázáno, jak například spustit simulaci procesu frézování. Poslední kapitola je určena již pro samotný proces frézování, přičemž je zde popsán chronologicky celý tento proces.

1 Vygenerování výrobních dat

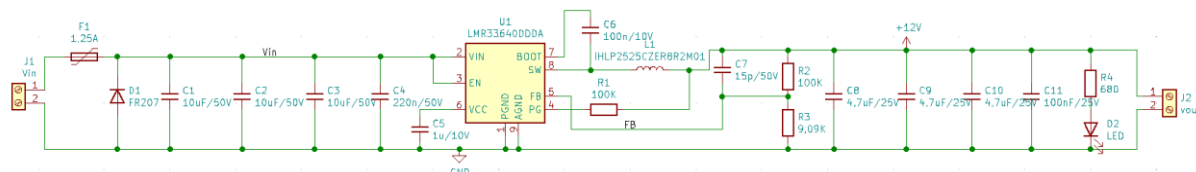
Prvním krokem při výrobě desek plošných spojů je správně vygenerovat výrobní data, tyto data se generují přímo v návrhových programech. Nejčastěji jsou tyto výrobní data vyexportovány ve formátu s názvem Gerber, tento formát bude detailněji popsán v následující kapitole. Ovšem všechny podstatná data pro výrobu DPS nejsou obsaženy v Gerber souborech, konkrétně je zapotřebí zvlášť vygenerovat data pro vrtání. Tyto se také generují přímo v návrhovém programu a jsou zapisovány ve formátu se zkratkou .drl. V následujících kapitolách bude vysvětleno, jak úspěšně vygenerovat výrobní data z programu KiCad a programu Eagle. V obou případech se jedná programy pro návrh DPS, právě tyto dva programy jsou díky své jednoduchosti nejvíce populární na území České republiky.

1.1 Formát Gerber

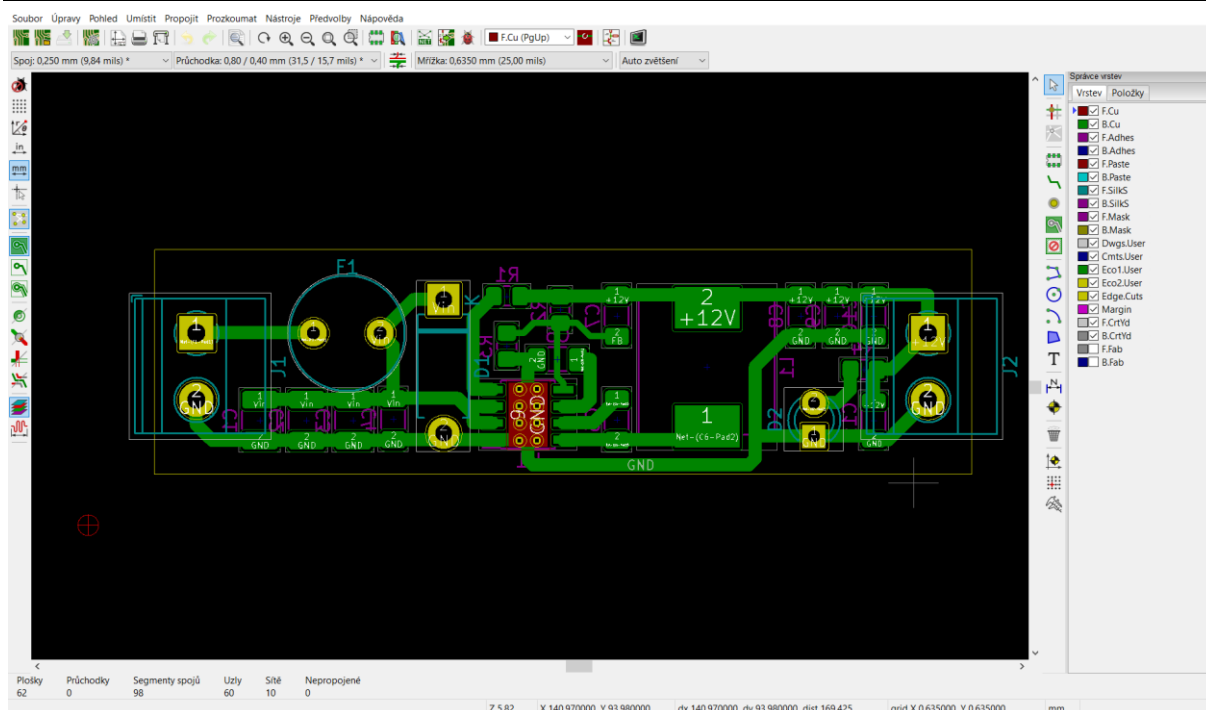
Jak již bylo zmíněno v předchozí kapitole, tak formát Gerber je momentálně pravděpodobně nejpoužívanějším formátem pro zápis výrobních dat. Pro jednu DPS není přiřazen jen jeden Gerber soubor, ale ve skutečnosti je jich několik, ovšem všechny tyto soubory mají stejnou příponu. Každý z těchto souborů reprezentuje jinou část desky, jako například okraje desky, měděnou vrstvu, nebo například nepájivou masku a mnoho dalších. Z historického hlediska sahá původ formátu Gerber až do 60. let minulého století, momentálně tento formát dat spravuje belgická společnost UCAMCO.

1.2 Vygenerování výrobních dat v programu KiCad



Předpokladem pro úspěšné vygenerování výrobních dat je mít správně nakreslenou desku plošných spojů. Jak již bylo zmíněno v úvodu, tak pro ukázkou jsem si zvolil stejnosměrný snižující měnič. Pro lepší představu jsem zde vložil i schéma zapojení viz. Obr. 1.

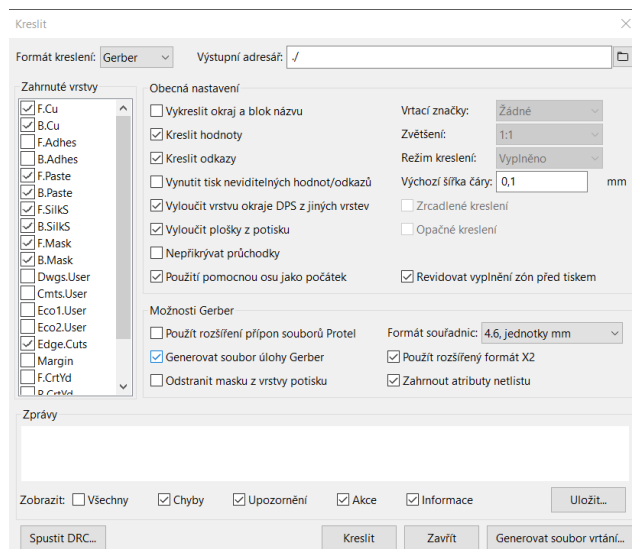


Obr. 1 Schéma zapojení stejnosměrného snižujícího měniče v programu KiCad



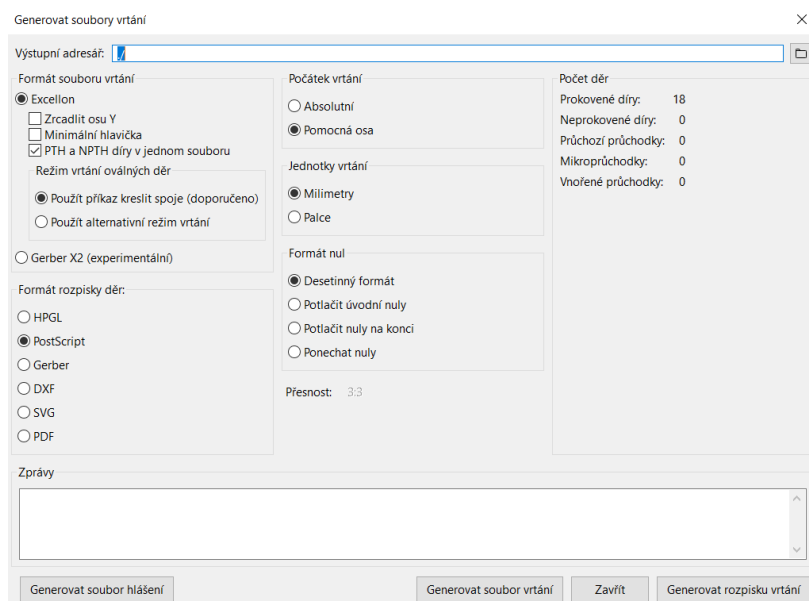
Obr. 2 DPS stejnosměrného snižujícího měniče v programu KiCad

Na Obr. 2 již vidíme navrženou desku plošných spojů otevřenou v programu KiCad, aby bylo možné snadno popsat proces získání výrobních dat, tak je v tomto obrázku zachováno i prostředí programu KiCad. Před samotným generováním výrobních souborů je nutné přidat k DPS pomocnou osu počátku. Jedná se o malý červený kruh, kterého si lze všimnout na obr. 2 u levého spodního rohu DPS. Tato pomocná osa zajistí, že po vygenerování výrobních souborů a následném vložení do programu Percival, tento program lépe rozpozná, kde skutečně deska začíná. Tato pomocná osa se vkládá přes ikonu , která se nachází v pravé svislé liště nástrojů. Z pravidla se tato značka umísťuje mimo DPS, nejověřenějším způsobem je umístit tuto značku poblíž levého dolního rohu DPS, stejně jak je ukázáno na obr. 2. Poté je již možné přejít na samotné generování výrobních souborů, tento proces se spouští ikonkou , která má název "kreslit" a nachází se na horní vodorovné liště nástrojů.



Obr. 3 Okno pro generování Gerber souborů

Po kliknutí na ikonku "kreslit" vyskočí dialogové okno, ve kterém je potřeba nastavit důležité parametry pro vygenerování Gerber souborů. Úvodním krokem je určit výstupní adresář, je doporučeno si na Gerber soubory vytvořit novou složkou pro lepší přehlednost. Co se týče nastavení, tak je možné téměř vystačit s výchozím nastavením, jediným parametrem, který je nutný zvolit navíc tak je políčko "použití pomocnou osu jako počátek". Poté je již možné vygenerovat Gerber soubory pomocí ikonky s názvem "Kreslit". Zatím to ovšem není vše, je potřeba si ještě vygenerovat soubor vrtání, na tuto kartu se přejde pomocí ikonky s názvem "Generovat soubor vrtání..."



Obr. 4 Okno pro generování souboru vrtání

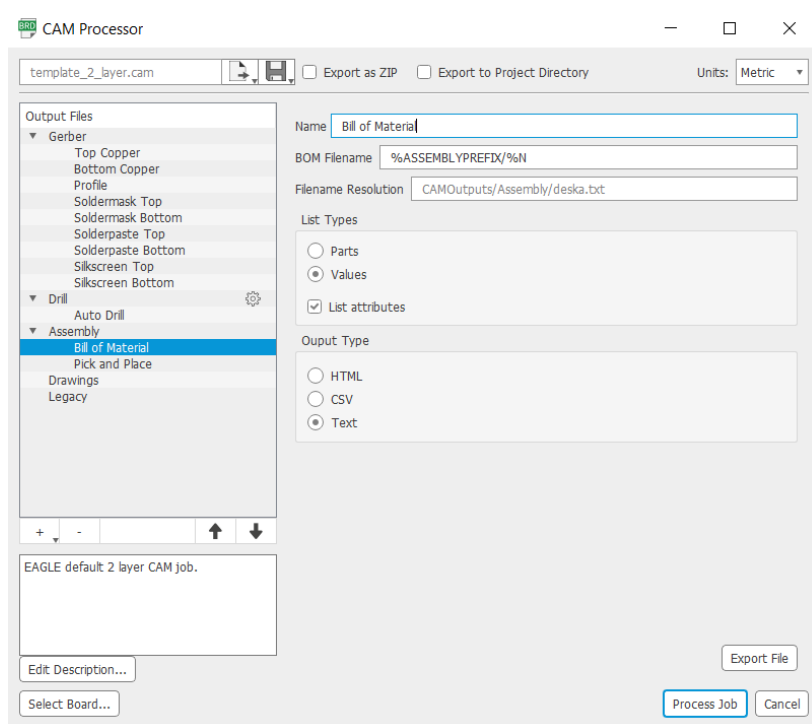
Následně se otevře další dialogové okno, tentokrát pro generování souboru vrtání viz. Obr. 4. Výstupní adresář je již nastaven z předchozího kroku a jedinou změnou nastavení oproti základnímu nastavení je nutnost označit políčko "PTH a NPTH díry v jenom souboru". Toto nastavení znázorňuje, že jak pokovené díry, tak i nepokovené budou v jednom souboru. V běžné praxi se tyto data ukládají zvlášť, ale vzhledem k tomu, že tento návod je převážně určen pro školní frézku, tak tyto soubory sloučíme do jednoho, z důvodu, že to tato frézka nedokáže. Poté je možno již vygenerovat soubory vrtání pomocí ikony "Generovat soubor vrtání". Tímto by měl být proces vytvoření výrobních dat ukončen a tyto data by měla se měla nacházet ve zvolené složce.

1.3 Vygenerování výrobních dat v programu Eagle

Dalším velice oblíbeným programem na návrh DPS je program Eagle. Opět jsem jako zkušební obvod zvolil stejnosměrný snižující měnič, jako v minulém případě. Eagle je KiCadu ve své podstatě velice podobný, ovšem právě například vygenerování výrobních souborů probíhá odlišným způsobem. Pro porovnání je zde umístěn i náhled schématu zapojení, který se liší po grafické stránce.



- 14 -



Obr. 7 Prostředí CAM procesoru programu Eagle

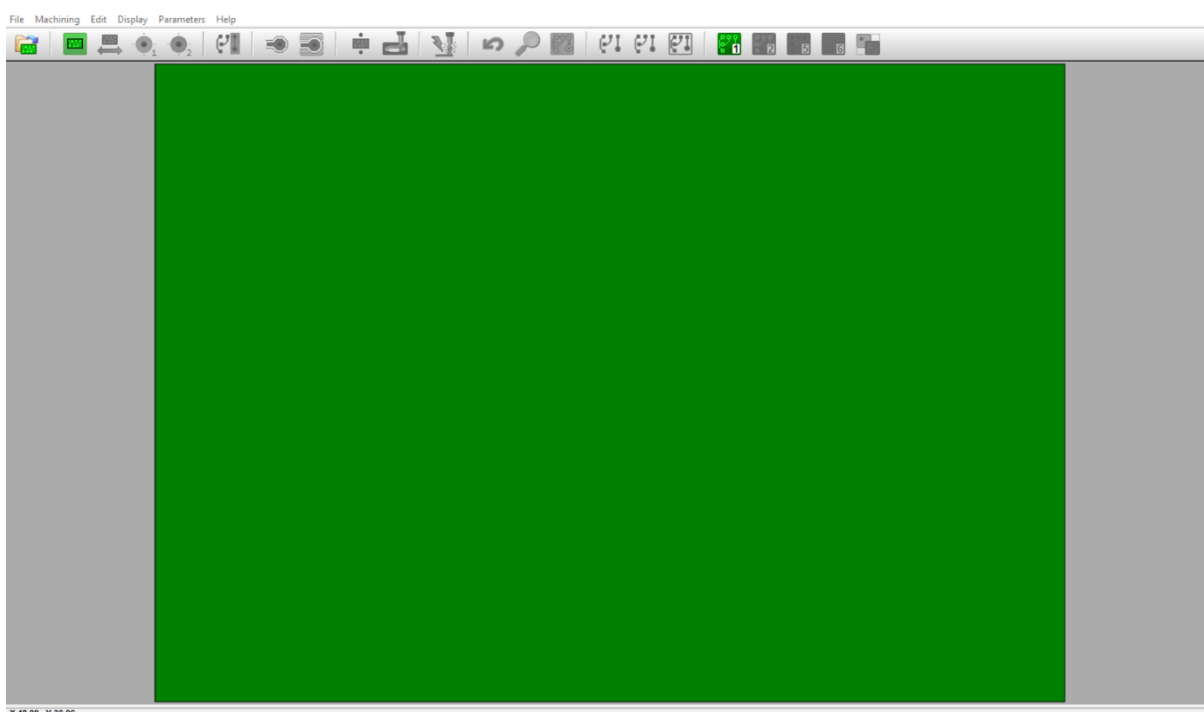
Poté vyskočí dialogové okno, již při prvním pohledu je znát, že toto generování souborů bude snazší než v případě programu KiCad, protože v jednom kroku se vygenerují jak Gerber soubory, tak i data pro vrtání. Co se týče nastavení, je potřeba si pohlídat jednotky, ať jsou správně zvolené. Zbylé nastavení se nechává ve výchozím stavu. Vygenerování výrobních souborů se zpracovává pomocí ikonky "Process Job", přičemž program Eagle vyzve k vybrání složky, do které mají být výrobní data vygenerována. Opět je vhodné založit novou složku a tu uložit na uživatelem zvolené místo.

2 Program Percival

Druhým krokem při výrobě DPS pomocí metody frézování je nahrání vygenerovaných výrobních dat z návrhových programů do programu Percival.


2.1 Základní popis programu Percival

Jedná se o software, který je součástí programu Galaad, tento program je určen ryze jen pro práci s DPS. Úkolem tohoto programu je vypočítat obrysy měděných cest a správně umístit otvory pro nožičky drátových součástek. Tento software v sobě skrývá několik zajímavých nástrojů a funkcí, které mohou pomoci při procesu výroby DPS, ty nejdůležitější budou jednak rozebrány v následujících kapitolách. Na Obr. 8 je zobrazeno prostředí programu Percival při otevření.

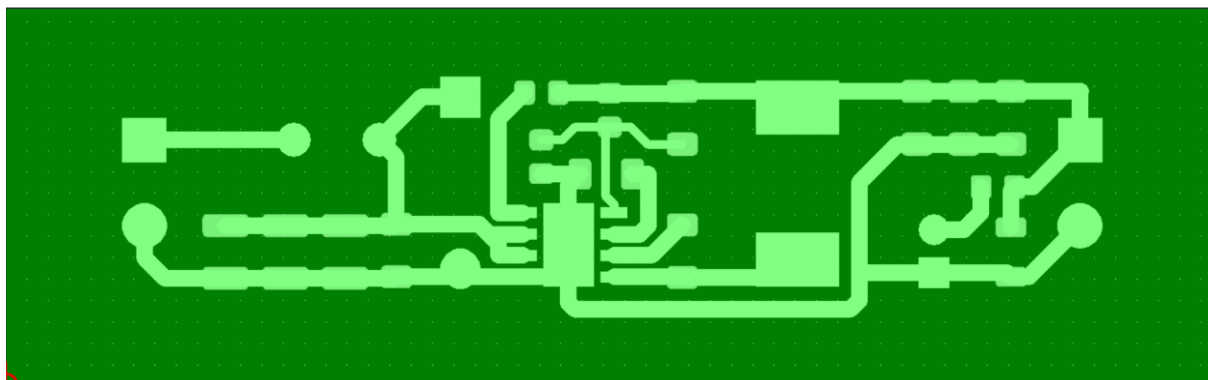


Obr. 8 Pracovní plocha programu Percival


2.2 Vkládání výrobních dat do programu Percival

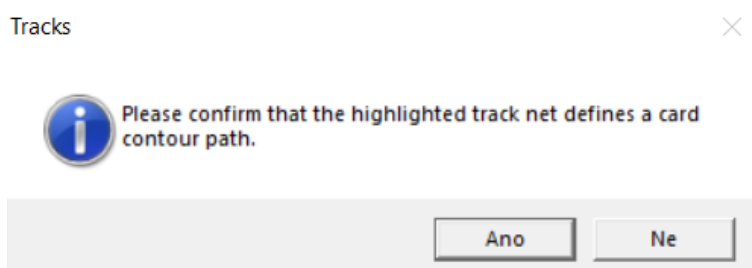
Předpokladem pro vložení výrobních dat je mít tyto data správně vygenerované z kreslicích programů, správný postup byl uveden již v předchozí části. Pro vložení výrobních dat existují dva možné způsoby. Prvním z nich je přes ikonku , která se nachází na vodorovném panelu nástrojů. Při kliknutí myší na tuto ikonku následně vyskočí dialogové okno, které vyzývá k nahrání Gerber souboru, tudíž je nutné najít složku, do které byly vygenerovány výrobní data v předešlé části práce. Z nabitých zkušeností je vhodné vložit jako první soubor s příponou "B_Cu.gbr", konkrétně je Gerber

soubor, který má v sobě uloženy souřadnice měděných cest a padů. Poté by měla vypadat pracovní plocha tohoto softwaru podobně jako na dalším výstřižku viz. Obr. 9.

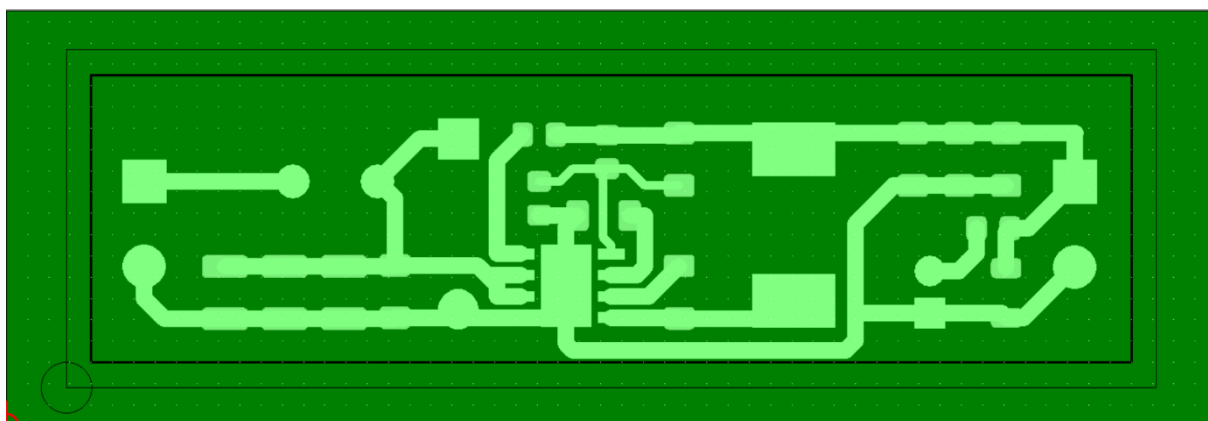


Obr. 9 Vrstva měděných cest a padů v programu Percival



Můžeme si všimnout správně umístěné značky počátku soustavy souřadnic, správné umístění je zapříčiněno použitím pomocné osy při generování výrobních souborů v programu KiCad. Po úspěšném vložení této vrstvy je potřeba přejít k dalšímu kroku, kterým je vložení obrysu DPS. Nyní je potřeba opět najet na ikonku , ovšem nyní se na rozdíl od prvního kroku na ní nekliká, ale pouze se na ní najede, poté se rozbalí nová nabídka, ve které je potřeba kliknout na ikonku, která vypadá totožně jako předchozí ikonka. Kdybychom postupovali jako v prvním kroku, tak původní vrstva bude přemazána a nahrazena nově zvolenou vrstvou, ale my chceme, aby se vrstvy na sebe postupně vkládaly, tudíž je nutné použít tento způsob. Nicméně po kliknutí na tuto ikonku se opět objeví dialogové okno, které vybízí k nahrání Gerber souboru, nyní zvolíme soubor s příponou "Edge_Cuts.gbr". Po zvolení tohoto souboru vyskočí hláška viz Obr. 10, která požaduje potvrzení toho, že tyto dvě vrstvy jsou na správném místě, pokud tomu tak je, tak se volí odpověď "Ano", pokud ne, tak jsou pravděpodobně špatně vygenerovány výrobní soubory.

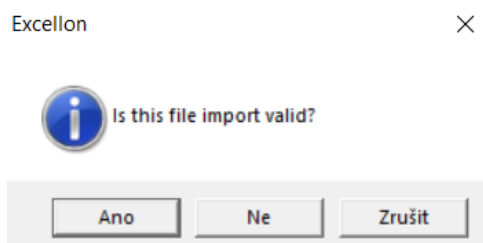


Obr. 10 Okénko pro potvrzení správného umístění následující vrstvy



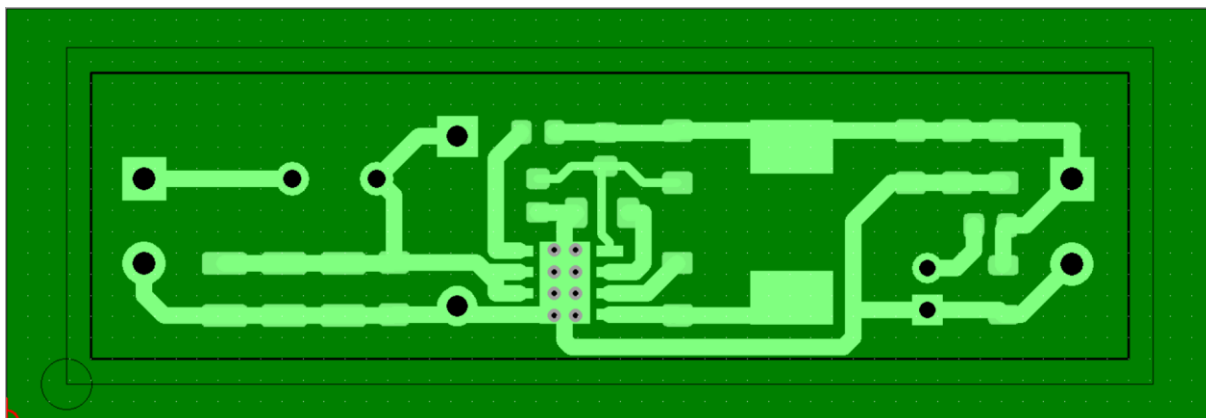
Obr. 11 Vrstva měděných cest a padů včetně obrysů v programu Percival

Pokud obrys desky sedí s vrstvou mědi viz Obr. 11, tak je potřeba přistoupit k poslednímu kroku při vkládání výrobních souborů do softwaru Percival. Konkrétně se jedná o vložení souřadnic děr pro drátové součástky. Postupuje se obdobně jako při vkládání obrysu desky, prvně se myší pouze najede na ikonu , ale z nově rozbaleného seznamu se nyní volí tento symbol . Opět vyskočí dialogové okno, ale to momentálně vyžaduje soubor pro vrtání, tudíž soubor s příponou .drl, pokud byl tento soubor uložen do stejné složky jako Gerber soubory, tak Percival tuto složku otevře automaticky, díky tomu, že byla použita již v přechozích krocích.



Obr. 12 Okénko pro potvrzení správného umístění děr v DPS

Po zvolení správného souboru se tento software zeptá, zda jsou data správná viz Obr. 12, to poznáme tím, že se díry pro vývodové součástky nachází uprostřed padů. Pokud tomu tak skutečně je, tak je možné zvolit odpověď "Ano". Pokud byl zachován správný postup, tak by pracovní plocha v programu Percival měla vypadat jako na Obr. 13.




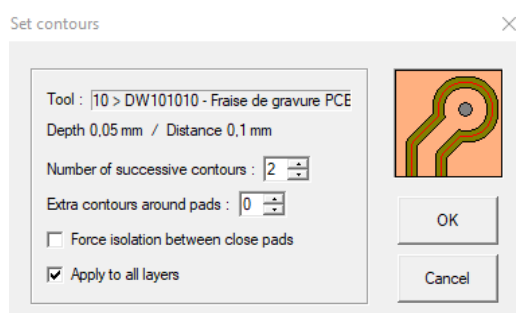
Obr. 13 DPS po úspěšném vložení výrobních souborů v programu Percival

Druhý způsob pro vkládání výrobních dat je obdobný tomu prvnímu, ovšem jednotlivé vrstvy se nepřidávají pomocí ikonky, ale přes hlavní nabídku. Pro přidání první vrstvy je nutné postupovat následujícím způsobem v hlavní nabídce zvolit položku "File" z té následně vybrat položku "Open" a následně zvolit ze seznamu položku "New circuit", poté program požaduje vložení Gerber souborů, opět se jako první vloží soubor pro měděnou vrstvu. Po vložení měděné vrstvy je nutné přidat okraj DPS, ten se přidá přes položku "File", poté se opět zvolí řádek "Open", ale poté nastává změna a volí se položka "additional layer...", následně program opět chce zvolit příslušný Gerber soubor, který bude v našem případě ten, který se používá pro definování okrajů DPS. Posledním krokem je již přidání pouze souboru pro vrtání, opět se využívá ověřené cesty, konkrétně v první řadě položka "File", poté výběr řádku "Open" a bude se opakovaně lišit jen poslední krok, což znamená že se zvolí možnost "Drills". Dosažený výsledek by měl být obdobný jak v první možnosti vkládání výrobních dat.

2.3 Důležité nástroje programu Percival

2.3.1 Nástroj pro výpočet kontur okolo cest DPS


Tento nástroj je zcela nezbytný pro další postup, není možné ho vynechat. Jak již název napovídá, tento nástroj se zabývá nastavením kontur DPS. Konturu si lze představit jako odfrézovanou mezeru mezi cestami mědi a zbytkem DPS. Tento nástroj se nachází na hlavním vodorovném panelu nástrojů, nazývá se "Calculate contours" a má tuto ikonku . Po kliknutí se objeví tabulka viz. Obr. 14.

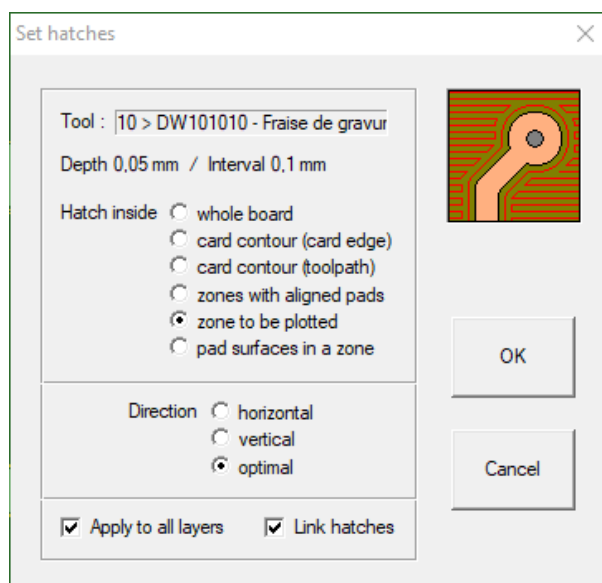


Obr. 14 Okénko pro výpočet kontur

V podstatě jediným nastavitelným parametrem je počet po sobě jdoucích kontur. Zbytek parametrů je ovlivněn výběrem nástroje pro frézování.

2.3.2 Nástroj pro odstranění přebytečné mědi


Tento nástroj je velice užitečný, sice se kvůli němu protáhne čas výroby, ale i přesto se to v mnohých aplikacích vyplatí. Hlavní oblastí využití je odstranění přebytečné mědi v oblasti okolo nožiček integrovaného obvodu. Díky odstranění této mědi bude pájení daleko snazší, protože cín nebude mít tendenci se chytat na místa, kde to není požadováno, protože budou odstraněna. Spuštění tohoto nástroje se provede pomocí kliknutí na ikonku , s názvem "Calculate hatching". Po kliknutí na tuto ikonku vyskočí okno viz Obr. 15.



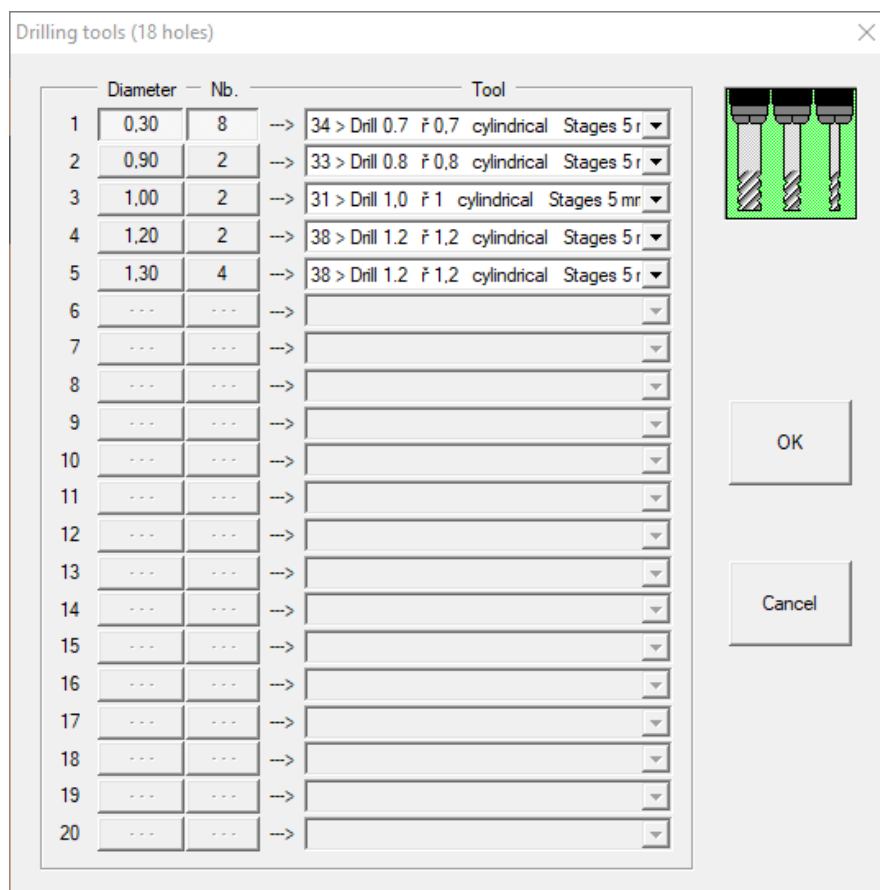
Obr. 15 Okénko pro nastavení odebrání přebytečné mědi

Z pohledu na toto okno je patrné, že je mnoho způsobů, jak efektivně odstranit nechtěnou měď. Je zde možnost odstranění celé přebytečné mědi, velkou nevýhodou tohoto způsobu je rapidní vzrůst času frézování, pro tuto možnost je potřebné v kolonce "Hatch inside" vybrat možnost "whole board". Možnosti, která se zdá být nejefektivnější a zároveň jsem ji využil u mé zkušební desky plošných spojů, jedná se o možnost odstranit pouze určitou část mědi pomocí obdélníkového výběru. Pro použití tohoto nástroje je nutné vybrat v kolonce "Hatch inside" možnost "zone to be plotted", po potvrzení ikonkou "OK" je potřeba kurzorem myši vybrat požadovanou oblast obdélníkovým výběrem. Dále je možnost nastavit směr odebrání mědi, jsou zde tři možnosti, buďto vertikálně, horizontálně nebo optimálně.

2.3.3 Knihovna použitých vrtáku


Tento nástroj slouží pro přiřazení vrtáku příslušné díře pro vývody drátových součástek, tuto knihovnu lze otevřít pomocí ikonky , která má název "drill list". Výhodou tohoto nástroje je

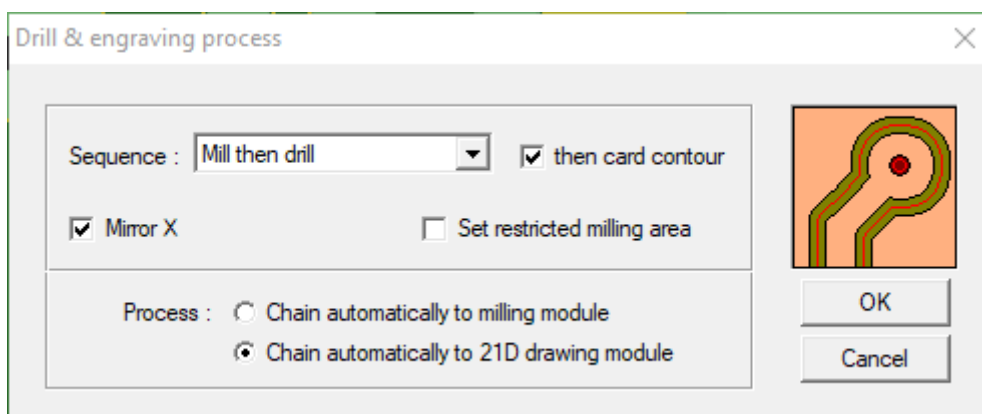
automatické přiřazení těchto vrtáků, ovšem dají se i manuálně změnit. Abychom mohli ke každé díře správně přiřadit vrták, je podstatné mít aktualizovaný seznam nástrojů, který se nachází přímo v programu Galaad, možnosti editace tohoto seznamu jsou popsány v další části této práce. Z důvodu ušetření času, je možné přiřadit dvou či více různým rozměrům děr jeden vrták, ovšem je to možné pouze v případě, kdy se tyto rozměry liší opravdu minimálně.



Obr. 16 Seznam vrtáků

2.4 Přenesení dat do programu Galaad

Jakmile je vše podstatné nastaveno v programu Percival, je potřeba se přepnout do programu Galaad, ve kterém se bude řešit již finální fáze, tudíž frézování. Toto přepnutí se provádí pomocí ikonky , s názvem "drill".

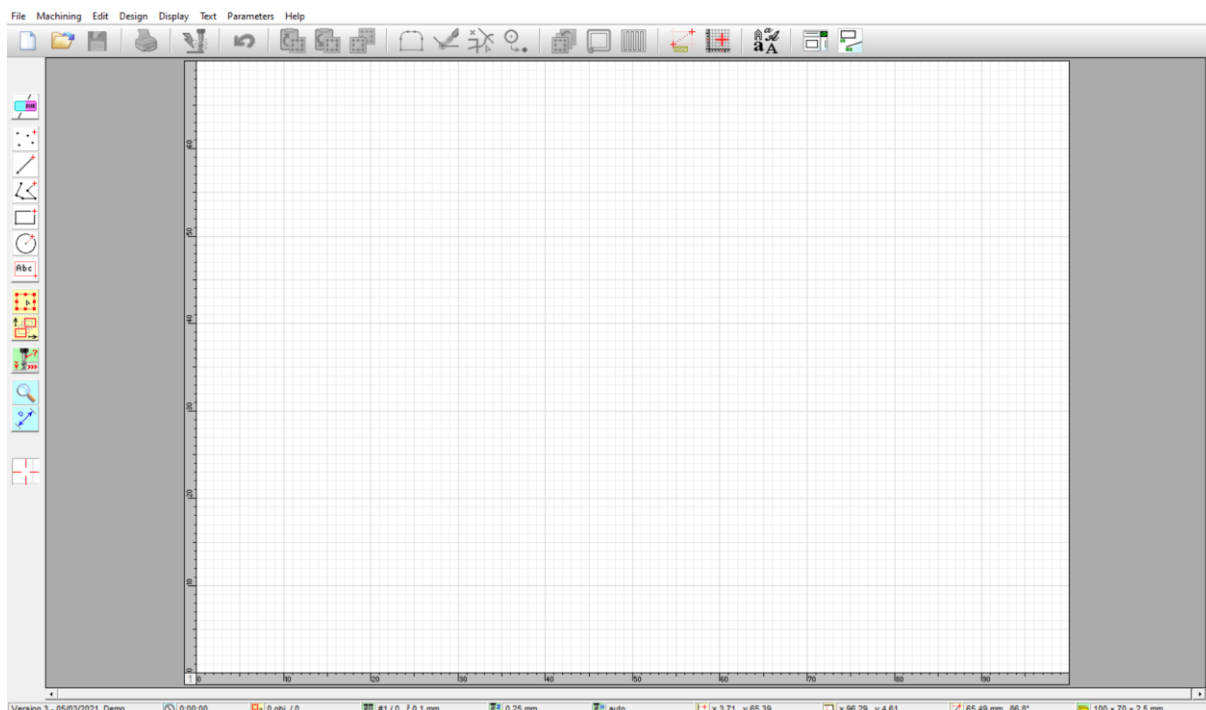


Obr. 17 Okénko pro nastavení přenosu dat do programu Galaad

Při přenášení dat touto formou je nutné zvolit možnost "Mirror X", což znamená, že chceme desku zrcadlově otočit, tuto funkci je nutné použít vždy při výrobě DPS pomocí metody frézování. Poté je možné v tomto okně nastavit sekvenci s jakou se deska bude frézovat. Jsou zde na výběr čtyři různé možnosti, první z nich má název "Drill only", čímž se myslí, že deska nebude ofrézovaná, ale pouze budou vyvrtány díry. Další z možností je "Mill only", což znamená, že deska bude pouze ofrézována, ale díry se nevyvrtají. Tyto dvě možnosti se používají jen zřídka u speciálních případů. Nejčastějšími dvěma způsoby jsou "Mill then drill" a "Drill then mill", u prvního zmiňovaného to znamená, že prvně se bude frézovat a poté budou vyvrtány díry, druhé nastavení představuje opačné pořadí, tudíž prvně se vyvrtají díry a až posléze bude DPS ofrézována. Při výrobě mé zkušební desky byl zvolen postup "Mill then drill". Zvolené nastavení se potvrdí ikonkou "OK".

3 Program Galaad

Po přepnutí se do programu Galaad chybí už jenom jeden krok pro výrobu DPS, konkrétně se jedná právě o samotný proces frézování a vrtání. Před samotným zahájením výroby je velmi podstatné zkontrolovat, zda máme všechny potřebné vrtáky a frézy pro výrobu. Editací seznamu nástrojů bude věnovaná samostatná kapitola. Další zajímavou funkcí softwaru Galaad je možnost si proces frézování nasimulovat, na to také bude vyčleněná samostatná kapitola. Na Obr. 17 vidíme pracovní plochu programu Galaad.



Obr. 18 Pracovní plocha programu Galaad

3.1 Seznam nástrojů

Je velmi podstatné stále udržovat tento seznam nástrojů aktuální, a ještě podstatnějším aspektem je mít správně nadefinované údaje pro každý vrták či frézu. Seznam nástrojů se otevře pomocí kliknutí na ikonku "Parameters" a z toho seznamu vybrat volbu "Tools...". Poté se otevře seznam nástrojů stejný jako na Obr. 19.

Tool parameters

Identification

Rack # 1 Copy...

Tool # 1 Sample Tool More...

Colour Rubout Del. << Ins. >> Delete next

Specifications

Diameter : 0,1 mm

Profile : cylindrical --> Angle : °

Minimum diameter at bottom of cone : mm

Number of flutes : 4 Rotation : 8000 rpm

Maximum depth per pass (stages) : mm

Suggested feedrate : mm/s

☐ Make a pause for cleaning before every new stage

Plunge

Pre-drill : mm --> Speed : mm/s

Plunge speed : 50 % of feedrate, or locked to mm/s

Deburring : depth mm

Chip-breaking : depth mm retract mm

Overdepth for simple drills (cone-end drilling tool) : mm

Oblique plunge slope (if vertical drilling forbidden) : °

Statistics

Actual milling time : 0:00:00 s --> Maximum : minutes

Active path : 0 mm --> Maximum : m

Number of plunges : 0 --> Maximum :

Reset to zero

OK Cancel Open... Save...

Obr. 19 Okénko se seznamem nástrojů

Důležitým faktem je, že tyto nástroje se ukládají do takzvaných "Racků", přičemž v každém z nich může být uloženo maximálně 50 nástrojů, každý "Rack" existuje nezávisle na jiném a vzájemně se nijak neovlivňují, "racků" může být maximálně 10. Každému nástroji bude přiřazeno číslo, přičemž pro lepší přehlednost je vhodné si každý nástroj důkladně pojmenovat.

Co se týče nastavení parametrů tak jedním z nejpodstatnějších parametrů je průměr, v nastavení je označen anglickým výrazem diameter, dále je potřeba nadefinovat tvar hlavy daného nástroje, toto se volí v políčku profile. Další tři velmi podstatné parametry závisí převážně na průřezu samotného nástroje, konkrétně se jedná o maximální otáčky, maximální hloubka a rychlost posuvu. Otáčky se nastavují v políčku Rotation, maximální hloubka v políčku Maximum depth per pass (stages). Závislost těchto parametrů na průřezu je definována v následujících tabulkách, jednak pro vrtáky viz. Tab. 1, ale také pro frézy viz. Tab. 2.


Tab. 1 Tabulka pro nastavení parametru vrtáku dle průřezu

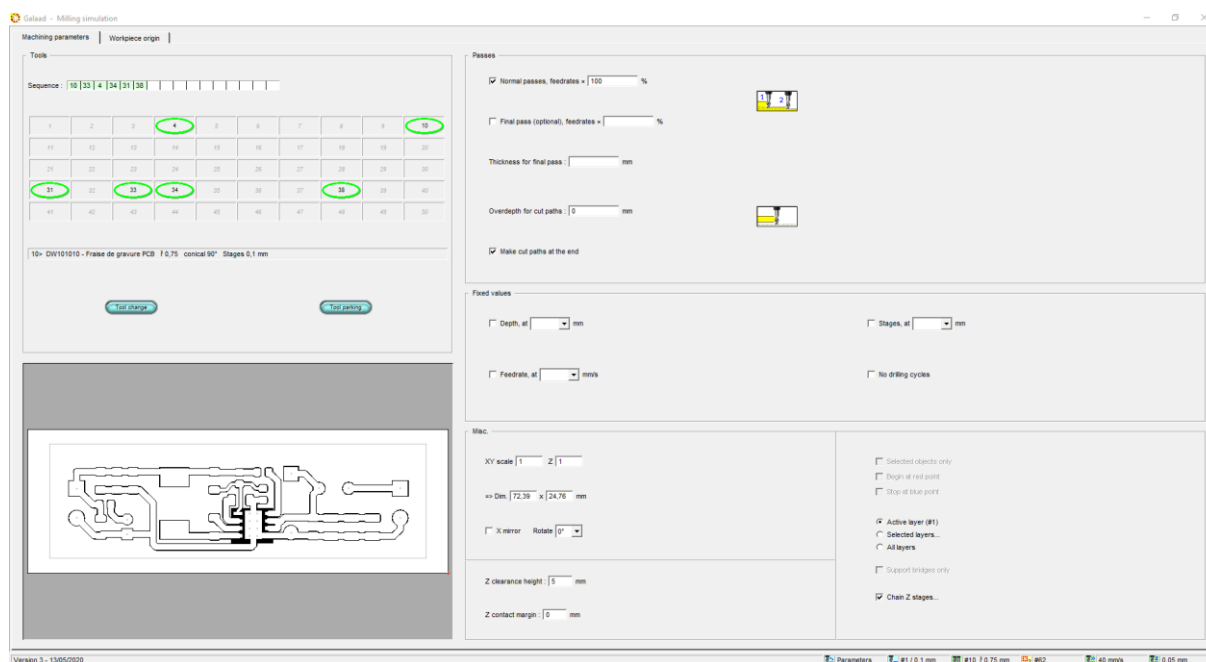
Průřez vrtáků	Otáčky	Posuv	Maximální hloubka
0,6 - 1 mm	30000 ot/min	5 mm/s	8,5 mm
1,1 - 2 mm	20000 ot/min	5 mm/s	10,5 mm
2 - 3,2 mm	10000 ot/min	5 mm/s	10,5 mm

Tab. 2 Tabulka pro nastavení parametru frézy dle průřezu

Průřez frézy	Otáčky	Posuv	Maximální hloubka
0,6 - 0,8 mm	30000 ot/min	2 mm/s	0,6 mm
0,9 - 1,5 mm	20000 ot/min	5 mm/s	0,6 mm
1,6 - 3 mm	10000 ot/min	10 mm/s	1 mm

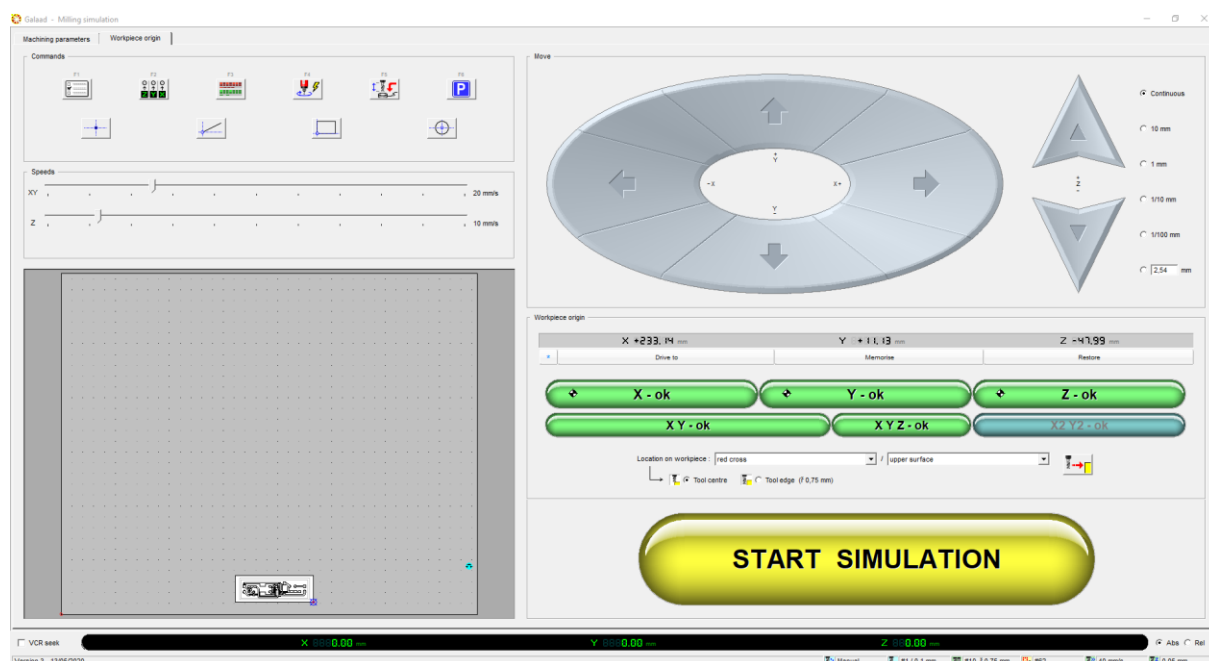
3.2 Simulace frézování

Tato funkce slouží k nasimulování procesu frézování a následného vrtání. Uživatel díky tomuto může odhalit například chyby ve výrobních souborech, a předejde tak znehodnocení materiálu. Tato funkce se spouští pomocí poklepání na tuto ikonu . Poté se otevře stejné okno jako na Obr. 20.



Obr. 20 Okno určené pro simulaci frézování


Pro úspěšnou simulaci je potřeba nastavit sekvenci nástrojů. Každý nástroj nese stejné číselné označení jako v uživatelem nadefinované knihovně nástrojů. Doporučené pořadí je následující, jako první nástroj by měla být fréza, která obstarává vyfrézování kontur. Poté by měly následovat vrtáky, na pořadí nezáleží, pořadí je na uživateli. Posledním nástrojem musí být fréza, která frézuje obrys desky, kdyby například byla jako první, mohlo by dojít k odlepení cuprexitu od podložky. Výhodou nastavení správné sekvence je to, že ji již nemusíme nastavovat před samotný proces frézování, protože program Galaad tyto si tyto údaje vyexportuje právě ze simulace. Po nastavení sekvence je potřeba se přepnout na druhou kartu s názvem "Workpiece origin".

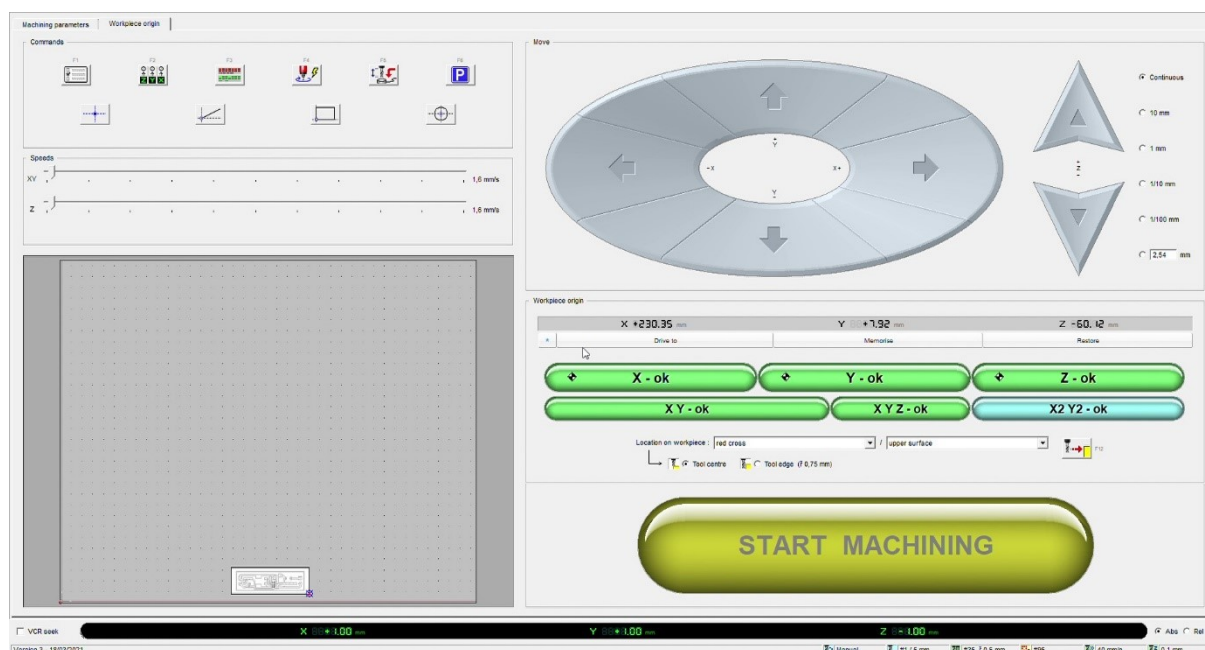


Obr. 21 Druhá záložka okna pro simulaci frézování

Poté již stačí pouze potvrdit pozici všech tří souřadnic pomocí tlačítek "X – ok", "Y – ok" a "Z – ok" a následně je možné spustit simulaci pomocí velkého žlutého tlačítka "START SIMULATION". Po tomto zmačknutí se otevře nové okno, které se zeptá na rychlost simulace, tento údaj opět zaleží zcela na uživateli. Následně se spustí simulace a opět vyskočí nové okno, ve kterém se tato simulace začne provádět.

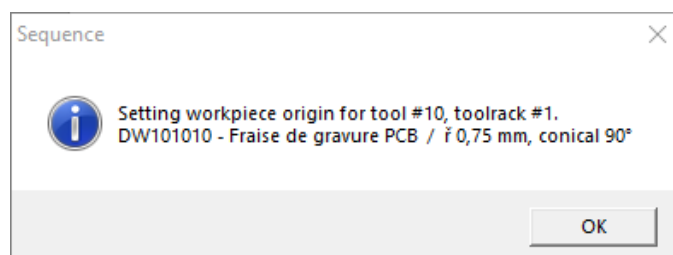
3.3 Samotný proces frézování

Před spuštěním procesu frézování je nutné uchytit cuprextit k desce frézy. Nejjednodušším způsobem tohoto uchycení je přilepit cuprextitu pomocí oboustranné pásky k desce frézy. Je vhodné si cuprextit přeměřit, zdali se opravdu uživatelem chtěná DPS velikostně vleze na tento cuprextit. Pro zahájení procesu frézování je nutné poklepat na ikonku , která se nachází na horním vodorovném panelu nástrojů. Po kliknutí na tuto ikonku se objeví okno totožné tomu, které bylo ukázáno na Obr. 20, dokonce již bude správně nastavená sekvence nástrojů, to vše díky tomu, že tento proces byl proveden v simulaci. Ovšem při přejetí do další záložky tohoto okna s názvem "Workpiece origin" si můžeme všimnout, že toto okno se již drobně liší od toho v simulaci viz. Obr. 22.



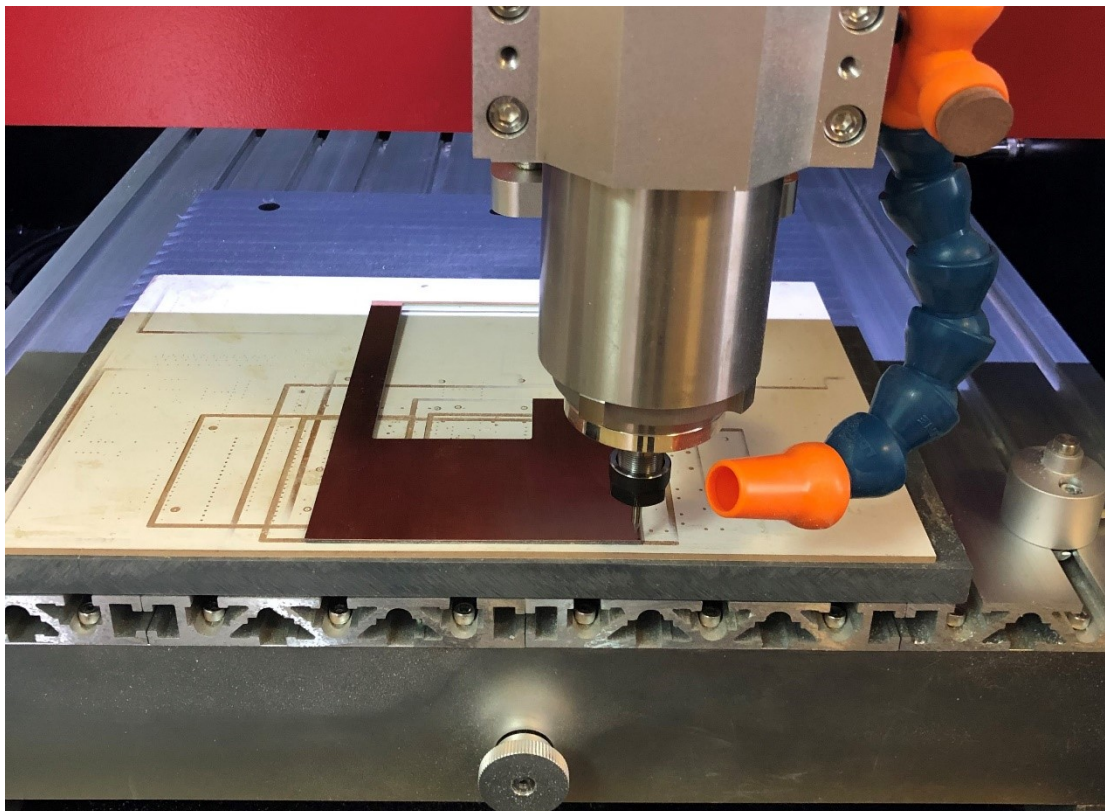
Obr. 22 Záložka s názvem "Workpiece origin"

Po přepnutí do této záložky jsme okamžitě vyzváni k uchycení nástroje do frézky viz Obr. 23.

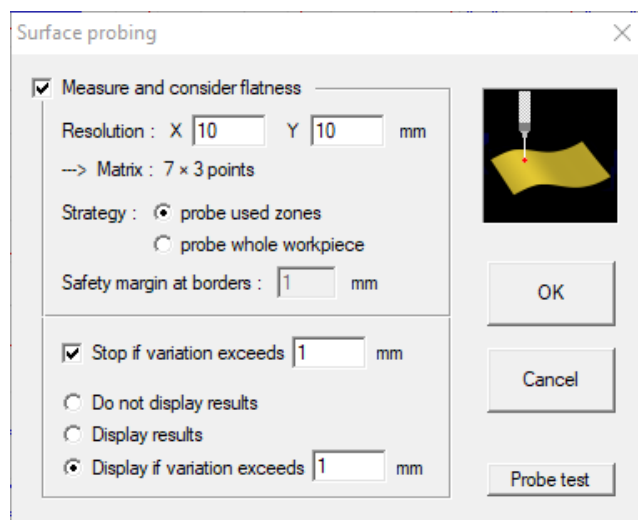


Obr. 23 Výzva pro uchycení nástroje

Následně je nutné pomocí ovládacích šipek přemístit uživatelem uchycenou frézu do pravého spodního rohu cuprexitu, který se bude následně frézovat. Při snižování osy Z je třeba být opatrný, aby špatnou manipulací nedošlo k poškození frézy. Tomuto lze předejít vhodným nastavením rychlosti posunu v této ose, čím více se fréza bude blížit ke cuprexitu, tím je lepší snížit rychlost. Pokud je fréza ve spodním pravém rohu stejně jako na Obr. 24, tak je potřeba potvrdit souřadnice X a Y, toho se dosáhne stisknutím tlačítek "X – ok" a "Y – ok". Po tomto kroku na uživatele vyskočí hláška viz. Obr. 25.

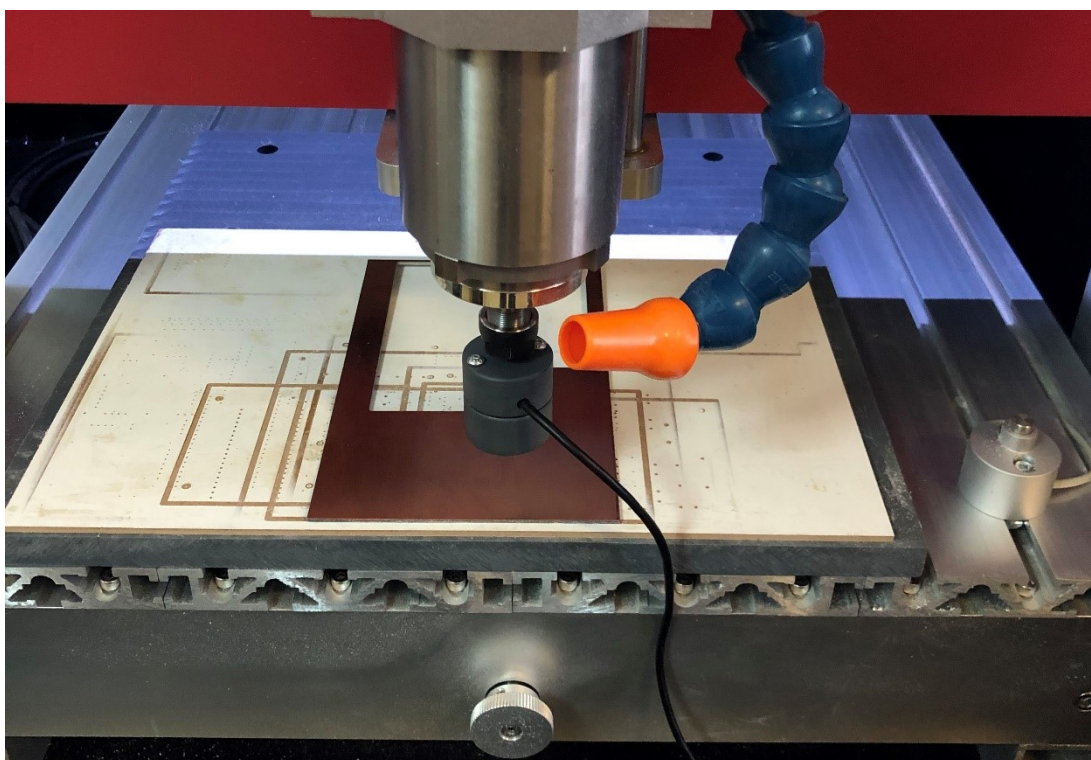


Obr. 24 Ukázka správného umístění frézy



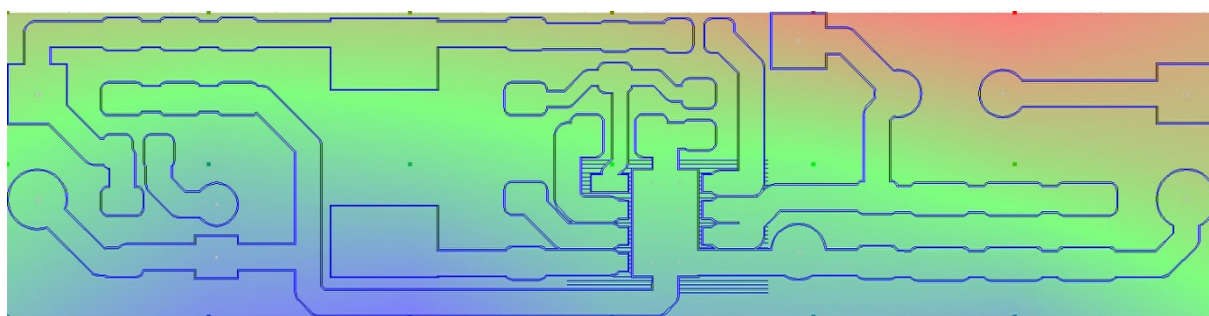
Obr. 25 Výzva k "Probe testu"

Probe test slouží k zjištění nerovnosti cuprexitu v místě, kde se bude frézovat, tyto nerovnosti se mohly vyskytnout hned z několik důvodů, například nerovnoměrně nalepená oboustranná páska. Před spuštěním tohoto testu je nutné uchytit do frézky sondu a zapojit ji na určené místo viz. Obr. 26.



Obr. 26 Ukázka uchycení sondy

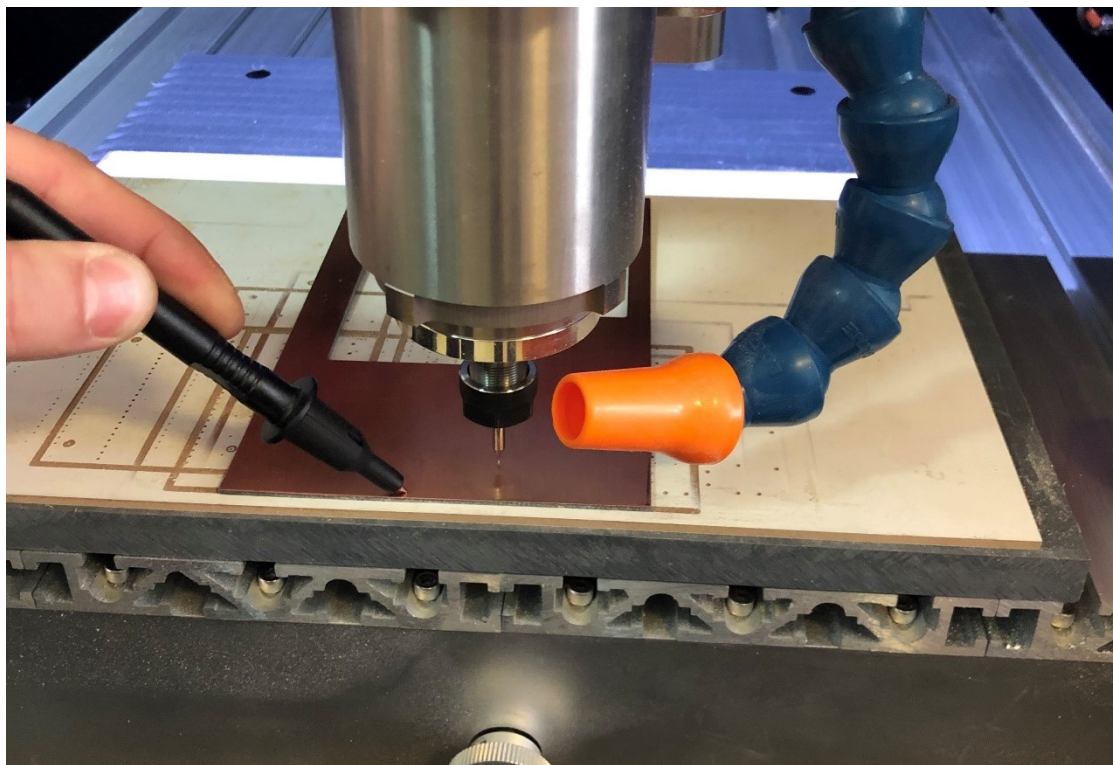
Tento proces funguje následujícím způsobem, sonda má ze spodní strany malý spínač, jakmile je sonda dostatečně nízko, tak spínač sepne a sonda tuto vzdálenost pošle do počítače. Vytvoří se pomyslná matice s předem definovanými body a na každém tomto bodu se opakuje v předešle větě popsaný postup. Jakmile je tímto způsobem vyzkoušena celá plocha cuprexitu, tak se vygeneruje model, na kterém je barevně ukázáno zvlnění toho cuprexitu viz. Obr. 27. Galaad poté s tímto zvlněním počítá a snaží se postižená místa kompenzovat.



Obr. 27 Ukázka zvlnění cuprexitu

Poté se opět upne do frézky vrták, dle pořadí. Opět se pohybujeme v záložce "Workpiece origin", pomocí šipek posuneme frézu tak, aby byla nad místem, kde je velká plocha mědi a poté snižujeme osu X tak, aby se vrchol vrtáku dotkl cuprexitu. Pro zvýšení bezpečnosti je vhodné opět rychlosti postupně snižovat, když se vrták začne blížit cuprexitu. Abychom dosáhli co nejvyšší přesnosti, tak se připojuje k frézce sonda, která se přikládá ke cuprexitu viz Obr. 28. Princip funkce je následovný,

jakmile se vrták dotkne cuprexitu spojí se elektrický obvod a na základě tohoto stavu se rozsvítí modrá luminiscenční dioda na boku frézky viz. Obr. 29.

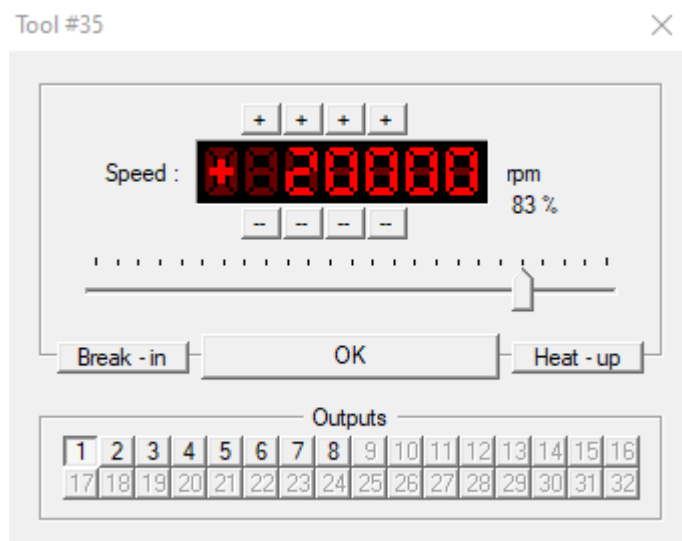


Obr. 28 Přiložení sondy ke cuprexitu



Obr. 29 Světelná indikace pomocí luminiscenční diody

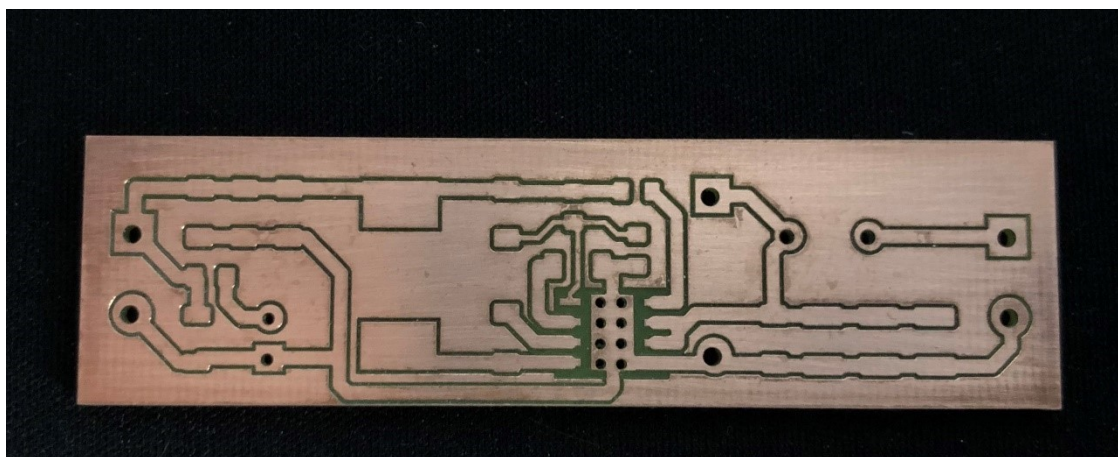
Jakmile zasvítí modrá dioda je možné potvrdit výšku osy Z, tento úkon provede kliknutím na ikonku "Z – ok". Poté již můžeme kliknout na ikonku "START MACHINING". Vřeteno se začne točit a vyskočí hláška viz Obr. 30, tato hláška nás vyzývá k potvrzení dostatečné rychlosti vřetena. Dostatečnou rychlost vřetena lze nejlépe poznat po sluchu, je to ten moment kdy vřeteno již nezrychluje a drží si konstantní rychlost. Jakmile tento moment nastane můžeme zvolit ikonku "OK".



Obr. 30 Výzva k potvrzení dostatečné rychlosti vřetene

Následně frézka již koná svou práci, pokaždé jak skončí jedna činnost, Galaad na tuto skutečnost upozorní a vyzve obsluhu ke změně nástroje. Po každé změně nástroje se opět pomocí sondy a světelné indikace musí zkalibrovat osa Z, poté se opět standartně pokračuje, jak v předchozím kroku. Celý tento proces se opakuje tak dlouho, dokud nebyly použity všechny vrtáky a frézy.

Poté co je tento proces ukončen je možné pomocí malířské špachtle opatrně odebrat vyrobenou DPS, je potřeba tuto desku očistit od oboustranné pásky, na tuto činnost se hodí například líh. Při dodržení všech postupu je možné se dostat k výsledné desce plošných spojů, na Obr. 31 je uvedena má zkušební DPS.



Obr. 31 Vyhotovená zkušební DPS

Závěr

Povedlo se mi vypracovat poměrně stručný návod pro výrobu desky plošných spojů pomocí metody frézování. Hovořím o stručném návodu, z důvodu, že oficiální návod pro program Galaad čítá více jak 400 stran. Ovšem má práce obsahuje jen ty nejpodstatnější informace, bez kterých by žádná deska plošných spojů nemohla vzniknout. Celou svou bakalářskou práci jsem se pokusil zpracovat jako návod pro výrobu, věřím že tato práce bude někomu nápomocna.

Dále se mi podařilo vyrobit zkušební vzorek DPS, který má při bližším prohlednutí velice dobrou kvalitu. Na tomto zkušebním vzorku byly demonstrovány všechny potřebné nastavení, od vygenerování výrobních souborů až po poslední krok v programu Galaad.

Jak jsem již zmínil, jedná se o velice stručný popis postupu při výrobě DPS pomocí metody frézování, tudíž je zde poměrně velký prostor pro vylepšení a doplnění této problematiky. V některých bodech by nebylo od věci použít ještě více výstřížku přímo z programu pro lepší představu čitatele.

Použitá literatura

- [1] GALAAD / Integrated CAD-CAM-CNC software for Windows [online]. Copyright © [cit. 30.04.2021]. Dostupné z: <http://www.galaad.net/Galaad-Eng.pdf>